KAJIAN PERBANDINGAN LOJI RAWATAN KUMBAHAN PENGUDARAAN TAMBAHAN ENAPCEMAR TERAKTIF (EA) DAN REAKTOR KELOMPOK BERJUJUKAN (SBR)

Oleh

SUHAIRI BIN AHMAD

Tesis diserahkan untuk memenuhi
sebahagian keperluan bagi
Ijazah Sarjana Sains Teknologi Bangunan

MEI 2006

PERAKUAN

Disertasi ini dikemukakan bagi memenuhi sebahagian daripada syarat penganugerahan Ijazah Sarjana Sains (Teknologi Bangunan) , Universiti Sains Malaysia. Ia adalah hasil penyelidikan saya sendiri kecuali dinyatakan sumbernya.

Disertasi ini belum diserahkan dan diterima sepenuhnya atau sebahagian daripadanya bagi memenuhi sebarang ijazah dan masa ini tidak dikemukakan kepada mana-mana ijazah lain.

(SUHAIRI BIN AHMAD)
P-RM 0155/04

Disahkan Oleh,

Prof. Madya Ir. Nik Fuaad Bin Nik Abllah
Pembaca Pertama

Pusat Pengajian Perumahan,
Bangunan & Perancangan,
Universiti Sains Malaysia.

Disahkan Oleh,

Prof. Madya Dr Tan Guat Lin
Pembaca Kedua

Pusat Pengajian Perumahan,
Bangunan & Perancangan,
Universiti Sains Malaysia.

PENGHARGAAN

Kesempatan ini saya ambil untuk mengucapkan kesyukuran kerana dengan keizinanNya, dapat saya menyempurnakan disertasi ini dengan jayanya.

Ucapan penghargaan dan terima kasih kepada Penyelia Disertasi , Prof Madya Ir Nik Fuaad Nik Abllah yang telah memberikan bimbingan,bantuan, komitmen dan keluangan masa sepanjang disertasi ini disiapkan.

Penghargaan juga diberikan kepada rakan-rakan sepengajian terutamanya En Ir Nik Ahmad Faris yang telah banyak memberikan pendedahan berkaitan rekabentuk loji rawatan kumbahan berdasarkan pengalaman beliau yang luas dalam bidang ini.

Kepada kedua-dua ibu bapa, En Ahmad dan Puan Salma yang telah mendoakan kejayaan saya selama ini, terima kasih di atas segala pengorbanan dan galakan. Saya sesungguhnya amat terhutang budi kepada kedua-duanya.

Akhir sekali, kepada isteri , Puan Marlina Binti Shafie dan anak lelaki kesayangan kami , Ahmad Suffian, terima kasih kerana telah meminjamkan saya sejumlah masa yang sepatutnya saya habiskan bersama mereka demi menyempurnakan disertasi ini.

Sekian, terima kasih.

ABSTRAK

Kajian ilmiah yang dijalankan ini bertujuan untuk memperincikan tentang perbandingan bagi dua jenis pakej loji rawatan kumbahan iaitu Pengudaraan Tambahan Enapcemar Teraktif (EA) dan Reaktor Kelompok Berjujukan (SBR) dengan menumpukan kepada aspek proses rawatan, kelebihan & keterbatasan, kebolehgunaan & kesesuaian, kriteria rekabentuk, prestasi loji dan penyenggaraan & operasi.

Matlamat utama kajian ini ialah untuk mengenalpasti dan mengkaji ciri-ciri utama perbezaan bagi kedua-dua pakej loji rawatan kumbahan, prinsip serta konsep asas bagi sistem rawatan air sisa, mengenalpasti kelebihan & keterbatasan dan kebolehgunaan & kesesuaian bagi kedua-dua pakej loji rawatan, prinsip serta konsep asas bagi aspek penyenggaraan & operasi serta mengkaji kriteria rekabentuk dan prestasi loji rawatan kumbahan dengan berpandukan kepada kajian kes bagi kedua-dua jenis pakej loji.

Bab1 hingga 6 membincangkan tentang pendekatan yang digunakan di dalam kajian serta latar belakang kejuruteraan air sisa dan proses pengolahannya. Seterusnya pada Bab 7 hingga 9 menyentuh tentang perkembangan sistem rawatan kumbahan secara umum serta perkembangannya di Malaysia. Huraian bagi perbandingan antara kedua-dua loji dibincangkan Bab 10.

Secara keseluruhannya, kajian ini telah mengenalpasti sifat-sifat perbandingan yang ketara bagi kedua-dua jenis loji rawatan serta langkah-langkah yang perlu dalam menentukan jenis loji rawatan yang dikehendaki.

ABSTRACT

This study is aim to bring the comprehensive description on comparison of Extended Aeration Activated Sludge and Sequencing Batch Reactors treatment plant packages which concern to the treatment process, advantages & limitations, applicability & suitability, design criteria and operation & maintenance approach.

The main objective of this study are to distinguish and investigate the most important features, the principle and concept, design parameters and the aspect of operation & maintenance for both treatment plant packages which make reference to a typical case study.

Chapter 1 until Chapter6 are discussing about the approach and methodology for the study and also the review of wastewater treatment process background. Further in Chapter 7 until Chapter 9 focused on the evolution of sewerage treatment system in general and also its development in Malaysia. The full description of comparison for both treatment plant packages are discussed in Chapter 10.

Commonly, this study has identified the significance comparison characteristics for both treatment plant packages and steps towards determining the treatment plant designation.

ISI KANDUNGAN

SENARAI JADUAL

SENARAI RAJAH

SENARAI GAMBAR

BAB
1
PENDAHULUAN

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Pengenalan

Kajian yang dijalankan memberi perhatian terhadap perbandingan bagi dua jenis pakej loji rawatan kumbahan iaitu Pengudaraan Tambahan Enapcemar Teraktif (EA) dan Reaktor Kelompok Berjujukan (SBR) dengan menumpukan kepada aspek proses rawatan, kelebihan & keterbatasan, kebolehgunaan & kesesuaian, kriteria rekabentuk, prestasi loji dan penyenggaraan & operasi.

Proses pengudaraan tambahan merupakan suatu modifikasi proses enapcemar teraktif yang mengandungi rawatan secara biologi bagi menyingkirkan sisa organik biorosot pada keadaan aerobik. Udara dibekalkan sama ada secara mekanikal atau dipam bagi menyediakan oksigen yang perlu untuk menampung proses rawatan biologi aerobik. Pencampuran harus dilakukan sama ada secara mekanikal atau pengudaraan untuk mengekalkan organisma mikrob bersentuhan dalam bahan organik terlarut. Nilai pH juga harus dikawal bagi mengoptimumkan proses biologi dan nutrien-nutrien yang perlu bagi proses ini haruslah wujud bagi memudahkan perkembangan bilogi dan juga kelangsungan degradasi biologi.

Pakej loji pengudaraan tambahan terdiri daripada sebuah tangki keluli yang menempatkan beberapa ruangan yang utama iaitu penyamaan, pengudaraan, pemendapan, pembasmian-nyahkuman dan pengendalian enapcemar terudara(pencernaan).

Sistem pengudaraan tambahan biasanya dibina untuk merawat air sisa pada kadar alir 0.002 sehingga 0.1 MGD. Penggunaan tangki konkrit mungkin diperlukan jika kadar alir adalah lebih tinggi (Sloan, 1999).

Reaktor Kelompok Berjujukan merupakan suatu variasi kepada proses enapcemar teraktif. Semasa proses kelompok, kesemua proses biologi berlangsung di dalam satu tangki tunggal. Keadaan ini adalah berbeza dengan sistem konvensional EA yang mana SBR tidak memerlukan tangki yang berasingan untuk pengudaraan dan pemendapan (Kappe,1999). Sistem SBR mempunyai sama ada dua atau lebih reaktor yang beroperasi secara selari atau satu tangki penyamaan dan satu tangki reaktor. Jenis tangki yang digunakan bergantung kepada ciri-ciri aliran air sisa sama ada isipadunya tinggi atau rendah. Walaupun sistem ini mampu menampung aliran influen yang berterusan, ia tidak mempunyai sistem pengendalian enapcemar dan pembasmian-nyahkumannya sendiri.

Terdapat beberapa jenis sistem SBR yang biasa digunakan termasuklah 'continuous influent/time based', 'non - continuous influent/time based', 'volume based' dan lain-lain. Jenis sistem SBR yang digunakan bergantung kepada lokasi dan ciri-ciri air sisa serta keperluan sesuatu kawasan dipasangkan pakej loji tersebut. SBR biasanya dibina bagi merawat air sisa pada kadar alir 0.01 sehingga 0.2 MGD.

1.2 Matlamat Kajian

Matlamat utama kajian ini ialah untuk mengenalpasti dan mengkaji ciri-ciri utama perbezaan bagi kedua-dua pakej loji rawatan kumbahan yang dinyatakan iaitu Pengudaraan Tambahan Enapcemar Teraktif (EA) dan Reaktor Kelompok Berjujukan (SBR).

1.3 Objektif Kajian

Antara lain objektif kajian ini ialah bagi memenuhi capaian seperti berikut :-

i) Mengkaji prinsip serta konsep asas bagi sistem rawatan air sisa untuk Pengudaraan Tambahan Enapcemar Teraktif (EA) dan Reaktor Kelompok Berjujukan (SBR).

ii) Mengenalpasti kelebihan & keterbatasan dan kebolehgunaan & kesesuaian bagi kedua-dua pakej loji rawatan.

iii) Mengkaji prinsip serta konsep asas bagi aspek penyenggaraan & operasi.

iv) Mengkaji kriteria rekabentuk dan prestasi loji rawatan kumbahan dengan berpandukan kepada kajian kes yang mudah bagi kedua-dua jenis loji rawatan kumbahan.

1.4 Hipotesis Kajian

Kajian ini dijalankan dengan menganggap bahawa pakej loji rawatan Reaktor Kelompok Berjujukan (SBR) di Taman Tunku Sarina, Jitra, Kedah mempunyai keberkesanan penurunan BOD dan pepejal terampai yang lebih baik berbanding dengan Pengudaraan Tambahan Enapcemar Teraktif (EA) di Lagenda Height, Sungai Petani, Kedah serta memenuhi keperluan rekabentuk serta prestasi loji yang ditetapkan oleh Garis Panduan Untuk Pemaju-Loji Rawatan Kumbahan Oleh Kementerian Perumahan dan Kerajaan Tempatan.

1.5 Skop Kajian

Kajian ini meliputi perbandingan bagi aspek proses rawatan, kelebihan & keterbatasan, kebolehgunaan & kesesuaian, kriteria rekabentuk, prestasi loji dan penyenggaraan & operasi. Penekanan diberikan kepada proses rawatan , kelebihan & keterbatasan serta kebolehgunaan & kesesuaian loji rawatan

1.3 Objektif Kajian

Antara lain objektif kajian ini ialah bagi memenuhi capaian seperti berikut :-

i) Mengkaji prinsip serta konsep asas bagi sistem rawatan air sisa untuk Pengudaraan Tambahan Enapcemar Teraktif (EA) dan Reaktor Kelompok Berjujukan (SBR).

ii) Mengenalpasti kelebihan & keterbatasan dan kebolehgunaan & kesesuaian bagi kedua-dua pakej loji rawatan.

iii) Mengkaji prinsip serta konsep asas bagi aspek penyenggaraan & operasi.

iv) Mengkaji kriteria rekabentuk dan prestasi loji rawatan kumbahan dengan berpandukan kepada kajian kes yang mudah bagi kedua-dua jenis loji rawatan kumbahan.

1.4 Hipotesis Kajian

Kajian ini dijalankan dengan menganggap bahawa pakej loji rawatan Reaktor Kelompok Berjujukan (SBR) di Taman Tunku Sarina, Jitra, Kedah mempunyai keberkesanan penurunan BOD dan pepejal terampai yang lebih baik berbanding dengan Pengudaraan Tambahan Enapcemar Teraktif (EA) di Lagenda Height, Sungai Petani, Kedah serta memenuhi keperluan rekabentuk serta prestasi loji yang ditetapkan oleh Garis Panduan Untuk Pemaju-Loji Rawatan Kumbahan Oleh Kementerian Perumahan dan Kerajaan Tempatan.

1.5 Skop Kajian

Kajian ini meliputi perbandingan bagi aspek proses rawatan, kelebihan & keterbatasan, kebolehgunaan & kesesuaian, kriteria rekabentuk, prestasi loji dan penyenggaraan & operasi. Penekanan diberikan kepada proses rawatan , kelebihan & keterbatasan serta kebolehgunaan & kesesuaian loji rawatan

Pengudaraan Tambahan Enapcemar Teraktif (EA) dan Reaktor Kelompok Berjujukan (SBR)

1.6 Metodologi Kajian

Kajian dijalankan melalui dua kaedah yang utama iaitu :-

i) Kaedah Primer

ii) Kaedah Sekunder

Kaedah primer bagi menyediakan kajian ilmiah ini ialah melalui pembacaan bahan rujukan dari sumber buku, artikel mahu pun carian internet. Selain itu, perbincangan dengan pihak yang berkaitan juga dijalankan bagi menjelaskan pemahaman berkaitan loji rawatan kumbahan terutamanya para pegawai dari Indah Water Konsortium (IWK) dan golongan professional lain yang turut terlibat dalam bidang kejuruteraan air sisa.

Kaedah Sekunder membabitkan pengumpulan maklumat dan data melalui tinjauan serta pemerhatian ke lokasi loji rawatan bagi kedua-dua jenis pakej loji.

Kesimpulannya, kajian ini dilakukan melalui tiga peringkat penting iaitu :-

i) Peringkat Pertama

Pembacaan bahan rujukan dari sumber buku, artikel mahu pun carian internet serta perbincangan dengan pihak yang terlibat secara langsung dengan bidang rawatan kumbahan diadakan bagi mendapatkan maklumat yang lebih tepat dan jitu.

ii) Peringkat Kedua

Pengumpulan maklumat dan data melalui tinjauan serta pemerhatian ke lokasi loji rawatan bagi kedua-dua jenis pakej loji.

iii) Peringkat Ketiga

Penganalisaan maklumat dan data untuk membolehkan perbandingan di antara dua jenis pakej loji rawatan kumbahan iaitu Pengudaraan Tambahan Enapcemar Teraktif (EA) dan Reaktor Kelompok Berjujukan (SBR) dijalankan.

BAB
2

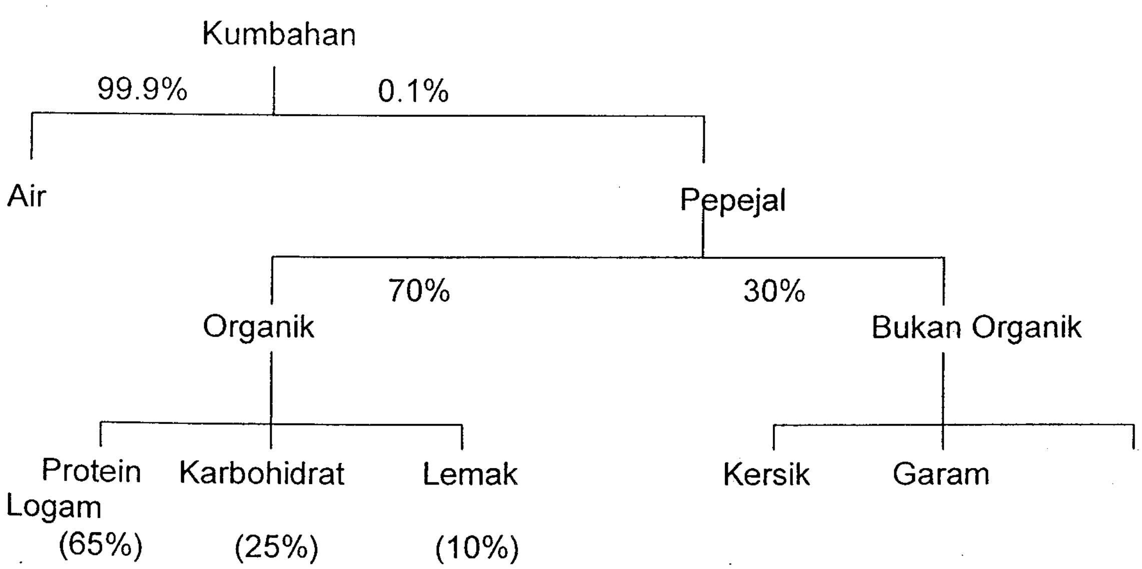
KUMBAHAN & AIR SISA

BAB 2

KUMBAHAN DAN AIR SISA

2.1 Pengenalan

Kumbahan dan air sisa seperti yang diketahui merupakan cecair buangan dari tandas, bilik air serta sinki yang dilepaskan dari kawasan perumahan, premis perniagaan atau industri. Walau bagaimana pun, secara teknikalnya kumbahan merupakan air sisa yang mengandungi bahan pepejal organik dan bukan organik, mengandungi mikroorganisma sama ada patogen serta komposisi 99.9% air dan 0.1% pepejal seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.1 dibawah :



Rajah 2.1 Komposisi Kumbahan

Lebih kurang 70% kandungan pepejal di dalam kumbahan adalah bahan organik. Protein dan karbohidrat merupakan sumber makanan utama yang sesuai bagi

pembiakan bakteria. Terdapat jutaan mikrob dan organisma mikro di dalam kumbahan. Hanya sebahagian kecil sahaja daripada mikrob ini yang berpotensi membawa penyakit. Sebahagian besarnya tidak membahayakan dari segi kesihatan sebaliknya berguna untuk mereputkan bahan organik agar kumbahan tidak berpotensi mencemari sumber air yang ke dalamnya ia disalurkan.

2.2 Air Sisa dan Ciri-ciri

Sesuatu loji olahan air sisa berfungsi mengolah air sisa dari sesuatu komuniti, kawasan tertentu ataupun bagi bandar tertentu. Diantara tujuan pengolahan air sisa ialah :

a. Menghindari pencemaran

Olahan air sisa menjadi amat penting bagi mengelakkan pencemaran alam sekitar. Air sisa atau kumbahan mengandungi bahan-bahan cemar yang tinggi. Contohnya, kandungan bahan organic dalam bentuk BOD dalam air sisa adalah tinggi iaitu lebih kurang 250 mg/L berbanding nilai piawai efluen 50 mg/L yang perlu dipatuhi bagi pelepasan di bawah undang-undang Malaysia. Begitu juga nilai kandungan pepejal terampai 360 mg/L berbanding nilai piawai 100 mg/L. Oleh itu, sesuatu kumbahan perlu diolah terlebih dahulu sebelum dilepaskan ke persekitaran bagi menurunkan nilai-nilai yang tinggi ini.

b. Menguruskan air sisa dengan sempurna

Air sisa atau kumbahan yang terhasil perlu diuruskan dengan sempurna di mana ia perlu dikumpulkan, diolah dan kemudian dilepaskan ke persekitaran.

c. Mengelakkan jangkitan penyakit

Air sisa yang tidak diurus dengan sempurna boleh mengakibatkan berlakunya penyebaran penyakit berjangkit. Ini kerana wujud pelbagai jenis organisme pembawa penyakit dalam air sisa tersebut.

d. Olahan air sisa sebagai elemen infrastruktur utama

Sistem pengolahan air sisa merupakan elemen infrastruktur yang penting seperti mana pentingnya sistem bekalan air dan kemudahan asas lain.

2.3 Kumbahan

2.3.1 Definisi

Secara teknikalnya, kumbahan merupakan air sisa yang mengandungi bahan pepejal organik dan tak organik, mikroorganisma sama ada patogen atau tidak serta terdiri daripada 99.9% air dan 0.1% pepejal (Hamidi Abdul Aziz,1999)

Kumbahan mempunyai hampir kesemuanya cecair . Lebih kurang 70% kandungan pepejal di dalam kumbahan adalah bahan organik. Protein dan karbohidrat merupakan sumber makanan utama yang sesuai untuk pembiakan bakteria. Wujud berjuta-juta mikrob dan organisme mikro di dalam kumbahan dan hanya sebahagian kecilnya sahaja berpotensi membawa penyakit manakala sebahagian besar adalah tidak membahayakan kesihatan, sebaliknya berguna bagi mereputkan bahan organik supaya kumbahan tidak memcemari sumber air yang disalurkan. Mikrob yang berguna dalam pengolahan biologi kumbahan ialah bakteria, protozoa dan alga.

2.3.2 Sifat-sifat Kumbahan

2.3.2.1 Sifat-sifat Fizikal

a) Suhu

Suhu kumbahan secara umumnya adalah lebih tinggi berbanding suhu air. Keterlarutan Oksigen Terlarut kumbahan juga bergantung secara relatif terhadap suhu. Faktor suhu memainkan peranan dalam mempengaruhi darjah enapan kumbahan. Enapan kumbahan sangat penting kerana ia merupakan salah satu proses olahan yang digunakan untuk mengolah kumbahan. Kelikatan kumbahan menjadi rendah apabila

suhu meningkat, oleh itu kelikatan kumbahan yang rendah ini akan membolehkan ia mengenap dengan lebih baik berbanding kumbahan pada kelikatan yang tinggi. Peratus penyingkiran tinggi pada keadaan kelikatan rendah, oleh yang demikian kecekapan loji olahan menjadi semakin baik.

b) Warna

Kumbahan yang segar berwarna keperangan, berbanding kehitaman bagi kumbahan yang telah lama.

c) Kekeruhan

Kumbahan yang keruh menunjukkan kuantiti Pepejal Terampai yang tinggi berbanding kumbahan kumbahan yang kurang keruh.

d) Bau

Kumbahan adalah kurang berbau apabila segar berbanding kumbahan yang telah lama. Kumbahan lama cenderung menjadi anaerobik akibat gas hidrigen sulfida (H_2S) yang terbebas.

e) Pepejal Terampai

Pepejal dalam kumbahan terbahagi kepada 3 bentuk utama iaitu pepejal terampai, pepejal terampai meruap dan pepejal jumlah. Pepejal terampai merupakan sifat penting bagi air sisa kerana rekabentuk sesebuah loji olahan air sisa sangat dipengaruhi oleh kuantiti pepejal terampai yang memasuki loji tersebut. Bahan terampai yang disebabkan di loji akan membentuk enapcemar.

Pepejal terampai adalah sukatan untuk mengukur bahan-bahan yang tidak larut di dalam kumbahan. Nilai pepejal terampai yang tinggi menyebabkan kumbahan membentuk hampasan di permukaan dan mengakibatkan keadaan alam sekitar menjadi bertambah buruk. Kandungan pepejal terampai amat penting dalam aspek rekabentuk tangki mendapan kerana ia memberi petunjuk kepada keupayaan atau kapasiti kumbahan yang menjadi penentu kepada keperluan kawalan enapcemar teraktif sementara kandungan pepejal terlarut adalah sebagai penentu kepada kuantiti pepejal yang akan dibawa ke dalam proses sekunder (biologi).

Pepejal terampai juga memainkan peranan yang amat penting bagi loji olahan air minuman kerana kehadiran pepejal terampai akan menyebabkan kekeruhan air minuman dan tidak sesuai untuk dijadikan air bekalan. Pepejal terampai dalam sistem olahan air minuman perlu disingkirkan secara mendapan.

Kandungan pepejal terampai di dalam air permukaan mungkin berbeza-beza mengikut aras dan musim . Kaedah menghitung pepejal terampai biasanya berdasarkan berat-isipadu dengan menggunakan ujikaji teknik penurasan.

2.3.2.2 Sifat-sifat Kimia

a) pH

pH kumbahan yang segar biasanya melebihi pH 7. Walaupun nilai ini menjadikan kumbahan sedikit berasid disebabkan oleh proses anaerobik. Dalam proses anaerobik, gas metana CH_4, karbon dioksida CO_2 serta hidrogen sulfida H_2S dihasilkan. Gas-gas inilah yang memberikan nilai berasid kepada kumbahan. Kebanyakan loji rawatan kumbahan

memerlukan pH kumbahan berada pada paras hampir kepada neutral. Jika sesuatu kumbahan berada pada keadaan terlampau berasid atau beralkali, maka kajian lanjut perlu dilakukan sebelum pengolahan.

Bahan organik + Bakteria $\longrightarrow$ CO_2 + CH_4 + H_2S + sel-sel baru
(dalam kumbahan) (tanpa udara)

Kebanyakan loji olahan air sisa memerlukan pH kumbahan berada pada paras hampir kepada neutral. Jika kumbahan berada pada keadaan terlalu berasid atau beralkali, maka ujian lanjut terhadap kumbahan tersebut perlu dilakukan sebelum ia diolah.

b) Nitrogen

Nitrogen merupakan sumber nutrien kepada pengoksidaan kumbahan. Kesemua bentuk nitrogen boleh hadir dalam kumbahan dengan nilai yang berbeza. Nitrogen boleh mengalami proses nitrifikasi iaitu pertukaran atau pengoksidaan ammonia kepada nitrit atau nitrat. Sekiranya nilai nitrat adalah tinggi maka kumbahan adalah telah teroksida ataupun telah diolah. Sebaliknya, jika kandungan nitrat adalah rendah, maka proses pengoksidaan masih belum berlaku atau berlaku secara minimum.

Nitrogen diketahui mengalami proses nitrifikasi iaitu pengoksidaan ammonia serta nitrogen organik kepada nitrit dan nitrat. Nitrit adalah bahan perantara yang mana komposisinya di dalam kumbahan adalah kecil. Hasil di akhir proses nitrifikasi ialah nitrat yang mana jika sesuatu kumbahan dianalisis, kandungan nitrat kumbahan akan memberikan gambaran sama ada ia mengalami pengoksidaan atau tidak. Jika kandungan nitrat adalah tinggi, maka kumbahan telah teroksida atau telah diolah. Sebaliknya, jika kandungan nitrat adalah rendah, maka pengoksidaan masih belum berlaku atau berlaku secara minimum.

NH_3-N ⟶ NO_2-N ⟶ NO_3-N

(ammonia – N) (nitrit-N) (nitrat – N)

c) Fosforus

Fosforus merupakan sumber nutrien terhadap proses pengoksidaan kumbahan. Ia biasanya wujud pada paras 5-15 mg/L.

d) Klorida

Klorida dalam kumbahan sebahagian besarnya adalah berpunca daripada urea, iaitu Natrium klorida dalam air kencing. Ia biasanya wujud pada paras 50-100 mg/L dalam air kumbahan.

e) Sulfat

Sulfat wujud dalam kumbahan melalui sabun cucian. Kehadiran sulfat memberi kesan kepada pembetung kerana dalam proses anaerobik, ia mengakibatkan penghasilan gas hidrogen sulfida yang boleh menghakis salur pembetung.

f) Bahan-bahan organik

Terdapat beberapa bentuk parameter petunjuk bahan organik dalam kumbahan. Ini termasuklah Keperluan Oksigen Biokimia (BOD), Keperluan Oksigen Kimia (COD), minyak, gris dan hidrokarbon.

g) Logam-logam

Terdapat juga beberapa jenis logam yang hadir dalam kumbahan terutamanya melalui pencemaran seperti raksa, zink, kuprum dan sebagainya.

h) Keperluan Oksigen Biokimia (BOD)

Permintaan oksigen biokimia adalah sukatan jumlah oksigen yang diperlukan untuk pencernaan kumbahan. Ia merupakan salah satu kaedah untuk menentukan kehadiran bahan organik dalam air sisa. Ujian BOD melibatkan penyukatan oksigen yang telah digunakan oleh organisma mikro terutamanya bakteria untuk mereputkan bahan organik yang terdapat dalam kumbahan pada keadaan yang hampir sama dengan keadaan semulajadi. Bagi kumbahan dengan kepekatan tinggi, ia perlu dicairkan terlebih dahulu supaya kerana keterlarutan oksigen di dalam air hanya 9 mg/L pada suhu 20^0C.

Secara teori, suatu jangkamasa yang agak panjang perlu bagi memastikan kesemua bahan organik mereput. Pada keadaan praktis, tindak balas adalah lengkap jika proses pereputan dapat dilakukan dalam masa 20 hari. Oleh kerana tempoh yang agak lama untuk mendapatkan keputusan, maka nilai BOD pada 5 hari telah dijadikan suatu piawai untuk ujian ini dengan suhu 20^0C atau BOD_5^{20}. Piawaian ini berdasarkan faktor bahawa sebahagian besar bahan organik telah direputkan dalam 5 hari di bawah 20^0C.

Jangka masa 5 hari juga dipilih supaya proses penitratan tidak mengganggu pereputan aerob. Proses nitrifikasi hanya akan berlaku selepas 8 -10 hari disebabkan kadar pembiakan bakteria penitratan adalah terlalu perlahan.

Data BOD ialah ujian utama untuk menilai kepekatan atau kekuatan air buangan domestik, industri dan pertanian dari segi kandungan oksigen yang diperlukan untuk pereputan bahan organik. Nilai oksigen biokimia yang tinggi bermaksud kumbahan mencernakan semua larutan oksigen semulajadi di dalam air. Ini akan memberi kesan penghapusan hidupan akuatik dan menyebabkan air menjadi septik dan mengeluarkan bau. Oleh itu, data BOD adalah kriteria utama untuk mengawal pencemaran air dan digunakan dalam kaedah pencucian sumber air. Maklumat BOD air buangan penting di dalam rekabentuk komponen-komponen loji olahan air buangan selain digunakan untuk menilai kecekapan olahan.

i) Keperluan Oksigen Kimia (COD)

Keperluan Oksigen Kimia (COD) juga merupakan parameter air sisa yang sangat penting. Prinsip penentuannya adalah hampir sama dengan kaedah penentuan BOD kerana ianya menyukat darjah pengoksidaan atau penguraian bahan organik. COD mengukur kuantiti oksigen yang diperlukan oleh agen pengoksidaan untuk semua bahan organik menjadi karbon dioksida, air dan ammonia. Tindak balas pereputan bahan organik diringkaskan :

$$C_nH_nO_bN_c + [n + a/4 - b/2 - 3c/4]O_2 \longrightarrow nCO_2 + [a/2 - 3c/4]\ H_2O + CNH_3$$

Prinsip penguraian bahan organik ini menggunakan agen kimia yang kuat dan bukan melalui pengoksidaan secara semulajadi seperti mana dalam penentuan nilai BOD. Dalam penentuan COD_5, agen pengoksidaan iaitu kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$) perlukan dioksidaan bersama sampel air selama 2 jam. Nilai COD selalunya lebih besar daripada nilai BOD. Ini

disebabkan lebih banyak bahan organik yang boleh diuraikan oleh agen pengoksida berbanding dengan ujian BOD yang hanya menguraikan bahan-bahan organik biorosot secara semulajadi. Ujikaji COD pula melibatkan pengoksidaan kedua-dua bahan organik sama ada yang biorosot atau tidak.

Kelemahan utama ujian COD ialah ianya tidak berupaya untuk membezakan antara bahan organik yang boleh dan tidak boleh diurai secara biologi. Kelebihan COD ialah ia mengambil masa yang singkat bagi memperolehi keputusannya. Oleh itu, nilai COD lazimnya digunakan bagi menggantikan nilai BOD. Nilai bagi sesuatu BOD dan COD adalah berkait rapat bagi sesuatu air buangan terutamanya air buangan industri. Ini kerana nilai COD yang diperolehi boleh digunakan untuk menganggar nilai BOD (merujuk kepada kebanyakan kes). Namun demikian, ujian COD boleh menunjukkan kandungan bahan organik yang susah reput secara biologi jika digunakan bersama-sama data BOD.

j) Oksigen Terlarut (DO)

Pengukuran oksigen secara ringkasnya membayangkan komuniti di dalam saliran kumbahan. Jika kandungan oksigen adalah tinggi maka kadar pencemaran adalah rendah. Oksigen terlarut amat penting untuk komuniti akuatik yang sihat. Namun demikian, jumlah oksigen terlarut juga bergantung kepada suhu air tersebut.

Kehadiran haba secara umumnya menggalakkan perubahan sistem ekologi di samping mengurangkan oksigen terlarut (DO). Aktiviti metabolik spesies akuatik aerob (menggunakan oksigen) meningkat dan ini akan meninggikan keperluan oksigen. Nilai oksigen terlarut boleh ditentukan

melalui dua kaedah iaitu secara tindak balas kimia dan secara elektrod oksigen terlarut. *(Hamidi Abdul Aziz).*

2.3.3 Kadar Alir Kumbahan

Kadar alir kumbahan merupakan faktor yang penting dalam sesebuah rekabentuk unit olahan kumbahan, termasuklah dari segi rekabentuk betung. Kadar alir akan mempengaruhi saiz pembetung, saiz penyaring, saiz tangki enapan dan sebagainya.

Diantara faktor yang mempengaruhi kadar alir kumbahan ialah :

a) Faktor air yang dibekalkan

Secara kasarnya, 70-80% daripada air yang dibekalkan kepada kita akan menjadi air sisa, dan masuk ke sistem pembetungan (Barnes et.al.,1986)

b) Penduduk

Jumlah penduduk amat mempengaruhi kadar alir sesuatu kumbahan kerana semakin ramai penduduk, maka semakin tinggi kuantiti air kumbahan yang dihasilkan.

c) Penyisipan

Pengaliran keluar kumbahan dari pembetung atau penyisipan berlaku mungkin akibat kebocoran pada salur betung atau sambungan. Ini akan menyebabkan kumbahan yang memasuki sistem pembetungan tidak sampai ke loji olahan.

d) Penyusupan

Kuantiti air kumbahan juga bertambah akibat air dari luar memasuki betung melalui sambungan yang tidak kedap.

e) Jenis sistem pembetungan

Jenis sistem pembetungan yang digunakan juga mempengaruhi kuantiti kumbahan yang memasuki loji. Jika sistem gabungan digunakan, kuantiti kumbahan menjadi lebih besar kerana membawa kumbahan dan air hujan bersama. Bagi pembetung terasing, kuantiti kumbahan menjadi lebih kecil kerana air hujan dialirkan secara berasingan. Oleh itu, loji olahan biasanya lebih kecil.

f) Gabungan olahan

Kadar alir kumbahan juga dipengaruhi oleh sistem olahan yang digunakan. Jika loji olahan direkabentuk untuk menerima kumbahan domestic, kuantiti kumbahan adalah lebih kecil berbanding olahan air sisa bagi industri atau komersial.

g) Kehilangan air yang dibekalkan

Tidak semua air yang dibekalkan akan memasuki pembetung dan terus ke loji. Jika air dibekal digunakan untuk tujuan mencuci misalnya maka ia akan terus memasuki longkang dan menuju ke sistem pungutan air permukaan tanpa memasuki sistem pembetungan.

2.3.4 Beban Organik dan Penduduk Setara

Beban organik dan Penduduk Setara merupakan dua parameter yang amat penting dalam aspek rekabentuk sistem olahan kumbahan.

Beban Organik adalah beban sisa dalam bentuk BOD, COD dan pepejal terampai (SS) terhadap seseorang dalam sehari. Nilai biasa bagi BOD adalah antara 55-65 gram/kapita.hari (Jackson, et.al.,1990). Di Malaysia, nilai BOD ialah 55 gram/kapita.hari manakala SS ialah 68 gram/kapita.hari (MS 1228, 1991). Ini bermakna setiap orang menghasilkan 55gram sehari BOD dan 68 gram SS. Kadar penggunaan air per kapita pula ialah 225 l/hari (MS 1228, 1991 dan Guidelines for Developers, Volume IV, 1998)

Penduduk Setara adalah pernyataan jumlah air sisa yang disumbangkan oleh sesuatu premis. Penduduk Setara mempengaruhi rekebentuk sesuatu loji olahan kerana jika loji hanya mengolah kumbahan domestik, nilai Beban Organik adalah kurang berbanding jika loji yang sama menerima beban dari pusat komersial mahupun industri

(Dipetik dari MS 1228: 1991: MALAYSIAN STANDARD: Code of Practice for Design and Installation of Sewage Systems) dan Guidelines for Developers, Volume IV, 1998.

Type of Establishment	**Population Equivalent**
Residential	5 per house
Commercial	3 per 100m2 area
Educational Institutions	
- Day Schools	0.2 per student
- Residential Schools	1 per student (residential)
Hospitals	4 per bed
Hotels	4 per room
Factories	0.3 per employee
Market (Wet Type)	3 per stall
Market (Dry Type)	1 per stall

Petrol Stations	18 per service bay
Bus Terminal	4 per bus bay
Taxi Terminal	4 per taxi bay
Mosque	0.5 per person
Church or Temple	0.2 per person
Stadium	0.2 per person
Swimming Pool or Sports Complex	0.5 per person
Public Toilet	16 per WC
Airport	0.2 per passenger/day 0.3 per employee
Laundry	10 per machine
Prison	1 per person
Golf Course	20 per hole

Jadual 2.1 Nilai Penduduk Setara Mengikut Jenis Penempatan

Dalam melakukan rekabentuk sistem pembetungan di Malaysia, nilai Penduduk Setara yang perlu digunakan adalah berpandukan kepada nilai yang diberikan dalam MS 1228 dan Guidelines for Developers, Seksyen 1 dan 2, 1995 ; dan Guidelines for Developers, Volume IV, 1998 seperti dalam Jadual 2.1 diatas.

Bagi rekabentuk saluran betung, stesen pam dan loji rawatan kumbahan penganggaran nilai kadar alir isipadu perlu dilakukan bagi kumbahan yang akan dibawa, dipam dan dirawat. Nilai kadar alir diukur dalam meter padu per saat dan pengiraan perlu dibuat bagi kawasan sedia ada dan pembangunan yang dicadangkan pada masa depan.

2.3.5 Efluen

Efluen merupakan pelepasan sisa dari sesuatu sumber. Efluen akhir pula merupakan pelepasan efluen dari loji rawatan kumbahan atau air sisa. Ini bermakna efluen akhir merupakan pelepasan air sisa selepas olahan berbanding maksud efluen yang boleh memberi erti sama ada cecair tersebut telah diolah atau tidak.

Setiap efluen dan efluen akhir yang akan dilepaskan ke persekitaran mestilah mematuhi piawaian pelepasan yang ditetapkan untuk mengelak berlaku masalah pencemaran dan kesihatan.

2.3.5.1 Efluen Piawai

Setiap efluen yang dilepaskan ke persekitaran perlu mematuhi piawaian Akta Kualiti Alam Sekeliling 1974 yang dikuatkuasakan oleh Jabatan Alam Sekitar.Perundangan khusus bagi efluen ini termaktub di bawah akta tersebut melalui Peraturan-peraturan Kualiti Alam Sekeliling (Kumbahan dan Efluen Perindustrian) 1979. Terdapat dua *Standard Efluen* iaitu Standard A dan Standard B seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 2.2.

Parameter	**Unit**	**Standard**	
		A	**B**
1. Suhu	^0C	40	40
2. Nilai pH	-	6.0-9.0	5.5-9.0
3. BOD_5 pada 20^0C	mg/L	20	50
4. COD	mg/L	50	100
5. Pepejal Terampai	mg/L	50	100

6. Raksa	mg/L	0.005	0.05
7. Kadmium	mg/L	0.01	0.02
8. Kromium Heksavalensi	mg/L	0.05	0.1
9. Arsenium	mg/L	0.05	0.1
10. Sianid	mg/L	0.1	0.5
11. Plumbum	mg/L	0.2	1.0
12. Kromium Trivalensi	mg/L	0.2	1.0
13. Mangan	mg/L	0.2	1.0
14. Nikel	mg/L	1.0	1.0
15. Timah	mg/L	1.0	1.0
16. Zink	mg/L	1.0	1.0
17. Boron	mg/L	1.0	4.0
18. Besi	mg/L	1.0	5.0
19. Fenol	mg/L	0.001	1.0
20. Klorin bebas	mg/L	1.0	2.0
21. Sulfid	mg/L	0.5	0.5
22. Minyak dan gris	mg/L	-	10.0

Jadual 2.2 Nilai Piawaian Bagi Parameter Effluen

2.3.5.2 Penggunaan semula Efluen

Salah satu cara terbaik untuk mencegah pencemaran air permukaan ialah dengan menggunakan kumbahan yang telah dirawat untuk menghasilkan barangan yang ketara dan bermanfaat. Fungsi utama penggunaan semula efluen kumbahan yang ekonomi ialah untuk menghasilkan protein sama ada sebagai air pengairan atau merangsang pertumbuhan alga dan ikan.

BAB
3
PRINSIP RAWATAN & KAEDAH OLAHAN KUMBAHAN

BAB
3

PRINSIP RAWATAN KUMBAHAN

3.1 Rawatan Kumbahan

Kumbahan perlu dirawat sebelum dibuang ke dalam alur air penerima. Ia adalah bertujuan untuk mengurangkan penyebaran penyakit berjangkit yang disebabkan oleh organisma-organisma patogen di dalam kumbahan dan juga untuk mencegah pencemaran air pemukaan dan air bumi.

Salah satu daripada cara terbaik untuk mencegah pencemaran air pennukaan ialah dengan menggunakan kumbahan yang telah dirawat untuk menghasilkan barangan yang ketara dan bermanfaat. Peranan utama penggunaan semula efluen kumbahan yang ekonomi ialah untuk menghasilkan protein, sama ada sebagai air pengairan ataupun untuk merangsangkan pertumbuhan alga dan ikan.

Rawatan kumbahan adalah satu kombinasi antara proses fizikal dan proses biologi dan juga proses kimia digunakan. Proses fizikal yang digunakan ialah penapisan, penghaneuran dan penyingkiran kersik serta pepejal terampai organik melalui pengendapan. Proses biologi melibatkan bakteria serta alga sebagai agen dan menjadi sebahagian daripada kaedah rawatan kumbahan.

3 .2 Pengurusan Air Sisa

Terdapat tiga perkara dan ia merupakan aspek yang berkaitan dalam pengurusan air sisa, Antaranya ialah pengumpulan, rawatan dan penggunaan semula. Pengumpulan air sisa domestik dapat dicapai dengan sebaik-baiknya melaui satu sistem pembetungan yang lengkap, Tetapi kaedah ini terlalu mahal dan hanya masyarakat tertertu sahaja yang mampu mambinanya.

Rawatan adalah untuk membinasakan agen-agen patogen dalam kumbahan dan juga untuk memastikan bahawa ianya sesuai untuk apa jua proses penggunaan semula yang dipilih.

Penggunaan semula efluen kumbahan penuh tanggungjawab dalam akuakultur serta pengairan tanaman boleh memberikan suatu sumbanagn yang agak besar kepada bekalan makanan sesebuah masyarakat dan dengan itu pembangunan sosialnya secara umum. Contoh penggunaan semula sisa domestik dalam bidang pertanian, ialah di negeri China iaitu lebih 90 % daripada penghasilan najis-angkut malam selepas ia dirawat digunakan untuk membaja tanah.

3 .3 Kriteria Prestasi Sistem Pengurusan Air Sisa

Sistem pengurusan air sisa yang ideal pasti memenuhi syarat-syarat di bawah iaitu :

a) Kriteria kesihatan

Organisma-organisma patogen tidak sepatutnya tersebar sama ada melalui hubungan secara langsung dengan kumbahan ataupun secara tidak langsung melaui tanah, air

atau makanan. Rawatan yang dipilih sepatutnya mencapai darjah penyingkiran pathogen yang tinggi.

b) Kriteria penggunaan semula

Proses rawatan sepatutnya menghasilkan keluaran yang selamat untuk digunakan semula, terutamanya dalam bidang akuakultur dan petanian.

c) Kriteria ekologi

Kebiasaannya sisa tidak boleh diguna semula, pelepasan efluen ke dalam air pemukaan sepatutnya tidak melebihi keupayaan penyucian diri air yang menerima.

d) Kriteria gangguan

Darjah pelepasan bau mestilah di bawah ambang gangguan. Mana-mana bahagian sistem ini sepatutnya tidak memberikan gangguan estetik.

e) Kriteria budaya

Kaedah yang dipilih untuk mengumpul, merawat dan mengguna semula sisa sepatutnya bersesuaian dengan tabiat kebiasaan serta amalan sosial tempatan.

f) Kriteria operasi

Kemahiran yang diperlukan unutk operasi serta penyelenggaraan biasa komponen-komponen sistem itu mestilah terdapat di tempat tersebut ataupun boleh diperolehi hanya dengan latihan yang minimum.